

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta  
**Band:** 26 (1953)  
**Heft:** III-IV  
  
**Artikel:** Mesure des gradients magnétique par induction nucléaire  
**Autor:** Béné, G.J. / Denis, P.M. / Extermann, R.C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-112413>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Mesure des gradients magnétiques par induction nucléaire

par G. J. Béné, P. M. Denis et R. C. Extermann,

(17 IV 1953.)

Si l'emploi de la résonance magnétique <sup>1)</sup> à la détermination précise de l'amplitude des champs magnétiques a fait l'objet d'investigations nombreuses <sup>2)</sup>, ayant déjà conduit à des dispositifs de caractère semi-industriel (Nuclear Fluxmeter, Varian Ass.), l'étude (et la mesure) des gradients magnétiques, par l'examen des signaux de résonance, n'a pas eu la même fortune.

Comme nous le verrons, elle est pourtant commode et précise: on peut dire que, dans la grande majorité des cas, la forme du signal est une mesure de l'inhomogénéité du champ magnétique, prise sur le volume de l'échantillon. Suivant les conditions expérimentales (nature de l'échantillon, caractéristiques du noyau étudié et du champ extérieur) divers types de signaux de résonance nucléaire peuvent être observés. Précisons les «degrés de liberté» du système:

1° choix du noyau résonant; on est pratiquement limité à l'étude du proton (rapport gyromagnétique  $\gamma$  élevé, abondance de composés sous tous les états, concentration dans l'eau naturelle);

2° amplitude du champ magnétique; d'excellents signaux sont observables entre quelques centaines de gauss et quelques dizaines de kgauss;

3° la technique la plus courante superpose à ce champ statique un champ alternatif de faible amplitude (1/10 à 100 gauss) et de basse fréquence (30 cycles à quelques keycles) de période  $T_0$ ;

4° choix de la substance: guidé exclusivement par la grandeur des temps de relaxation  $T_1$ ,  $T_2$ , liés à la forme de la raie de résonance; ils varient entre  $10^{-4}$  et  $10^2$  secondes;

5° inhomogénéité du champ extérieur; elle peut être constante, à symétrie sphérique, ou présenter un plan ou une direction de gradient maximum.

A fréquence fixe, le champ magnétique effectif passe à la résonance à une vitesse  $\partial H/\partial x$  qui détermine avec la largeur de raie le

temps  $\tau$  nécessaire pour traverser la zone de résonance. Les grandeurs relatives de  $\tau$ ,  $T_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$  donnent sans ambiguïté la forme des signaux de résonance.

a) Cas où le champ extérieur a une inhomogénéité à symétrie sphérique ou constante en moyenne sur tout le volume de l'échantillon.

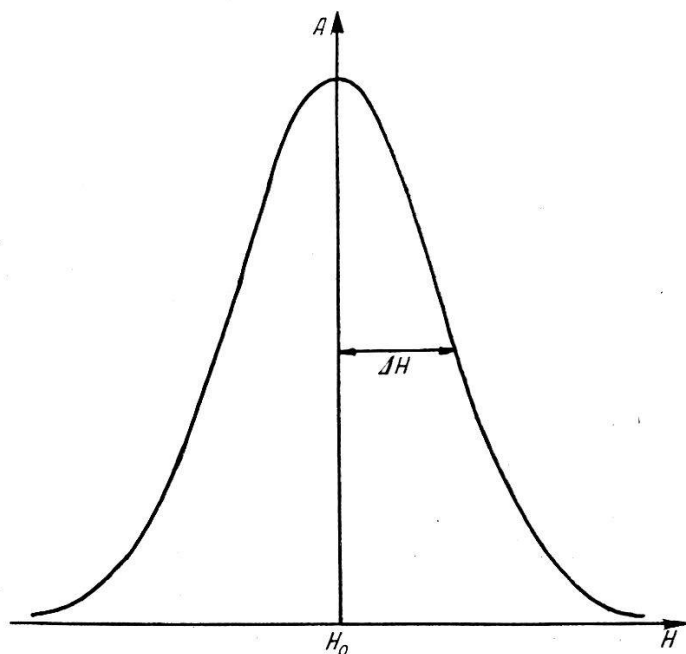


Fig. 1.

1° Si  $T_0, \tau > T_1, T_2$ . On est dans les conditions de «passage lent». La  $1/2$  largeur  $\Delta H$  de la raie d'absorption à mi-hauteur est la somme de deux contributions:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

où  $\Delta H_1$  = champ local

$\Delta H_2$  = inhomogénéité du champ extérieur (fig. 1).

Le champ local  $\Delta H_1$  a une valeur précise pour un échantillon donné; il est mesurable, sa connaissance permet de déterminer  $\Delta H_2$ .

2° Si  $\tau < T_2 < T_0$  «passage rapide», on a alors des battements après la résonance; leur décroissance est exponentielle. La constante de temps de l'enveloppe de ces battements donne  $T_2$  global =  $1/\gamma\Delta H$  (avec balayage étalonné en unités de temps fig. 2).

3° Si  $T_1$  et  $T_2 > T_0$ . On est dans le régime de la mémoire de phase (battements avant et après la résonance). Le rapport des amplitudes maxima des battements encadrant la résonance permet de déduire le  $T_2$  réel c'est-à-dire  $\Delta H_1$ . L'amplitude globale est liée à  $\Delta H_2$ , mais le manque de terme de comparaison rend ce genre

de signal peu intéressant pour étudier l'inhomogénéité du champ extérieur.

b) Si le gradient présente une direction privilégiée dans les deux derniers cas étudiés, l'enveloppe du signal n'est plus une exponentielle. De sa forme on déduit  $\Delta H_2$ .

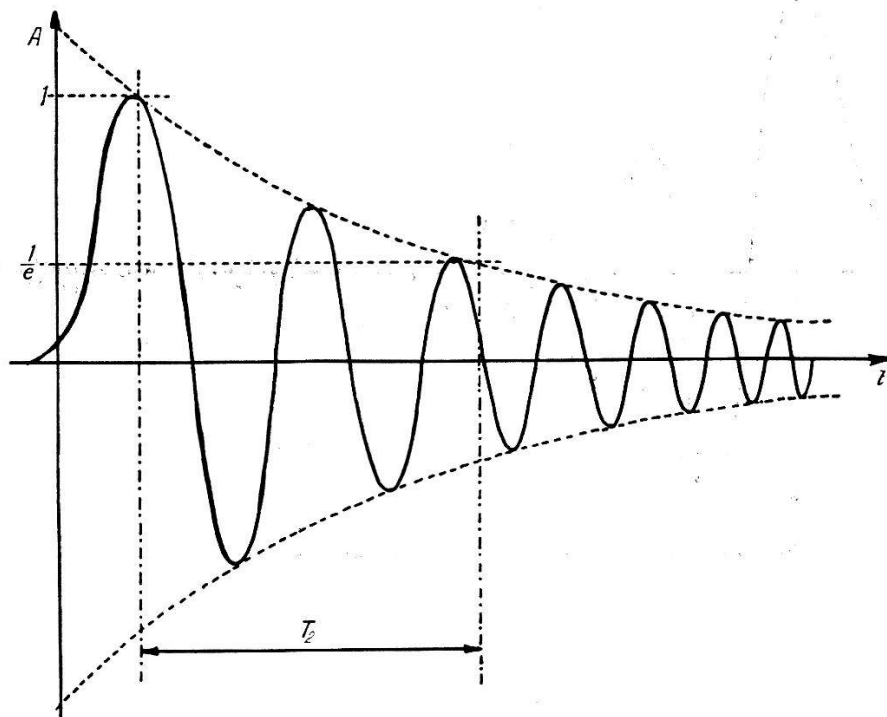


Fig. 2.

Exemple: Si le champ passe linéairement de  $H - \Delta$  à  $H + \Delta$  suivant une direction donnée dans l'échantillon, la distance en unité de temps  $T_3$  des deux premiers minima de l'enveloppe de la courbe obtenue permet de calculer  $\Delta$

$$\Delta = \frac{\pi}{\gamma T_3}$$

(cf. Thèse de GABILLARD, fig. 3).

Ces cas ont été expérimentés et vérifiés dans des champs peu inhomogènes; les résultats sont publiés dans diverses publications, en particulier thèses de BÉNÉ et surtout de GABILLARD<sup>3)4)</sup>.

*Cas de gradients élevés.*

$$\Delta H_2 \gg \Delta H_1.$$

Il faut retrouver les conditions ci-dessus: en diminuant le volume de l'échantillon ou en augmentant l'amplitude ou la fréquence de balayage; nous avons expérimenté jusqu'à 100 gauss à 50 c/s et

5 kc/s pour une amplitude de environ 1 gauss. Des expériences sont en cours pour étendre ces mesures à de plus grandes vitesses de passage à la résonance.

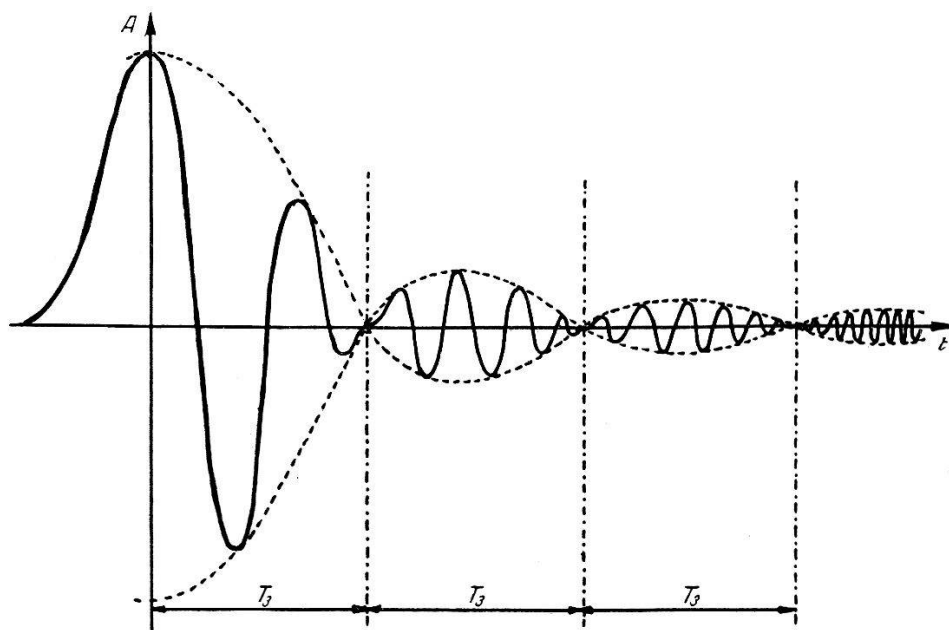


Fig. 3.

### *Pratiquement.*

En balayage sinusoïdal on a :

1° un étalonnage linéaire en gauss ;

2° un étalonnage en unités de temps pratiquement linéaire au voisinage du centre de la trace. Un abaque dont les abscisses sont étalonnées en temps et dont les ordonnées donnent une amplitude standard et la fraction  $1/e$  de cette amplitude permet de déterminer par simple lecture la valeur de  $T_2$ . On trouve dans de nombreuses publications (ou au moyen de quelques mesures préliminaires) la valeur du champ local des échantillons étudiés.

### Références.

- 1) F. BLOCH, Physical Review **74**, 460 (1946).
- 2) G. BÉNÉ, P. DENIS, R. EXTERMANN, Journal de Physique **13**, 71 S (1952); Archives des Sciences **5**, 406 (1952).
- 3) G. BÉNÉ, Helv. Phys. Acta **24**, 367 (1951).
- 4) R. GABILLARD, Revue Scientifique (1953) (sous presse).